

УДК 528.541

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОГО НИВЕЛИРА DiNi03 ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОВТОРНОГО ВЫСОКОТОЧНОГО ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

**Виктор Александрович Скрипников**

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного 10, доцент кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. (382)343-29-55, e-mail: v.a.skripnikov@ssga.ru

**Маргарита Александровна Скрипникова**

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного 10, ведущий инженер кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. (382)343-29-55

В статье приведены результаты нивелирования по осадочным маркам на плотине Новосибирской ГЭС. Даны рекомендации по разработке методики измерения превышений с учётом внешних условий.

**Ключевые слова:** цифровой нивелир, гидротехническое нивелирование, внешние условия измерений.

## EXPERIENCE OF DIGITAL LEVEL DiNi03 APPLICATION FOR REPEATED PRECISE HYDROENGINEERING LEVELING

**Viktor A. Skripnikov**

Assoc. Prof., Department of Engineering Geodesy and Information Systems, Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhonogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, phone: (383) 3432955, e-mail: v.a.skripnikov@ssga.ru

**Margarita A. Skripnikova**

Lead engineer, Department of Engineering Geodesy and Information Systems, Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhonogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, phone: (383) 3432955

The results of leveling by settlement marks on Novosibirsk hydroelectric dam are presented. Recommendations on the techniques for height difference determination with regard to environmental conditions are given.

**Key words:** digital level, hydroengineering leveling, environmental conditions of leveling.

В настоящее время для определения осадок гидротехнических сооружений применяется в основном высокоточное геометрическое нивелирование короткими лучами. Применение высокоточных цифровых нивелиров для нивелирования позволяет, при благоприятных условиях для измерений, получить высокую точность определения отметок осадочных марок. Однако влияние вибрации и сильных электромагнитных полей при выполнении измерений цифровым нивелиром не позволяет в ряде случаев получить необходимую точность измерений [1]. Комбинация неблагоприятных факторов для каждого объекта индивидуальна, и дать какие-либо точные рекомендации для исключения этих влияний практически невозможно. Но, поскольку схема нивелирной сети на

ГЭС не меняется от цикла к циклу, причём места установки нивелира и реек также постоянны, то существует возможность экспериментального подбора методики измерений, обеспечивающей необходимую точность.

При выборе модели цифрового нивелира для высокоточного нивелирования рекомендуется выполнить анализ практики применения этой модели. Измерения при высокоточном нивелировании рекомендуется выполнять по симметричной во времени программе наблюдений, которая позволяет контролировать не только оседание или выпучивание штатива и костылей, но и возможные промахи и влияние внешних условий измерений. При проектировании схемы ходов следует иметь в виду, что точность взятия отсчетов по рейке зависит от расстояний от нивелира до рейки [2,3,4,5,6,7].

Для определения осадок земляной плотины Новосибирской ГЭС было выполнено нивелирование II разряда с допусками для I разряда. Для нивелирования применялся нивелир DiNi03 и комплект из двух (№1 и №2) двухметровых реек с инварной полосой. Превышения определяли при двух горизонтах инструмента при прямом и обратном направлениях. Число станций в секции при нивелировании в прямом и обратном направлениях делали четным и одинаковым. Программа работ на станции нивелирования в 2012 году была следующая:

- нечетная станция З<sub>1</sub>, П<sub>1</sub>, П<sub>1</sub>, З<sub>1</sub>; З<sub>2</sub>, П<sub>2</sub>, П<sub>2</sub>, З<sub>2</sub>;
- четная станция П<sub>1</sub>, З<sub>1</sub>, З<sub>1</sub>, П<sub>1</sub>; П<sub>2</sub>, З<sub>2</sub>, З<sub>2</sub>, П<sub>2</sub>.

При нивелировании выдерживались следующие допуски и контроли:

- вычисляли и сравнивали значения превышений из наблюдений на одном горизонте инструмента, разность между ними не должна была превышать 0,2 мм;

- вычисляли и сравнивали средние значения превышений из наблюдений при первом и втором горизонтах инструмента, разность между ними не должна была превышать 0,2 мм;

- вычисляли и сравнивали средние значения превышений из наблюдений прямого и обратного хода, разность между которыми не должна была превышать  $0,3\sqrt{n}$  ( $n$  - количество станций в ходе);

При выполнении измерений учитывались следующие неблагоприятные для нивелирования факторы:

- 1) безоблачная погода в течение всего светового дня;
- 2) высокая температура воздуха (не ниже 30°C);
- 3) вибрация от движущегося по плотине автотранспорта;
- 4) влияние электромагнитных полей линии ЛЭП 220 Кв.

Поскольку выполнялись повторные измерения, то технические характеристики хода были известны заранее. Общая длина хода 4,0 км. Число станций нивелирования - не менее 100. Ход прокладывался от куста реперов на правом берегу р. Обь до куста реперов на левом берегу.

Выполненный в CREDO DAT 3.0 предрасчет показал, что средние квадратические погрешности определения отметок осадочных марок и реперов в ходе при применении DiNi03 не превышают 0,5 мм, что не превышает допустимого значения (0,7 мм).

Ось плотины ориентирована с запада на восток, поэтому безоблачная погода не позволяла выполнять нивелирование утром и вечером из-за засветки объектива нивелира и бликов полотна рейки. Измерения в ночное время на плотине были запрещены. Для устранения засветки прибор устанавливался, где это было возможно, на значительном удалении от створа между марками. Расстояние от нивелира до реек не превышало 25 метров.

Из-за высокой температуры воздуха и практически полного отсутствия ветра на трассе была значительная вертикальная рефракция, особенно вдоль асфальтовых и бетонных покрытий. Для уменьшения влияния рефракции визирный луч ориентировался вдоль площадок с растительностью, и высота его на землëй была не менее одного метра. Кроме того разность расстояний от передней и задней рейки на станции не превышала 0,3 м. Для уменьшения влияния температуры измерения в течение дня заканчивались на грунтовом репере, а не на осадочном марке, заложенной в бетонном ограждении. Время измерения превышения на станции было минимально возможное.

Известно, что вибрация штатива оказывает большое влияние на точность нивелирования цифровым нивелиром [4]. Поэтому значительные трудности при выполнении нивелирования доставлял постоянно движущийся по плотине автотранспорт. Расстояние от реперов до автодороги составляло 5-7 метров. Вибрация основания под ножками штатива иногда не позволяла выполнять измерения или разность превышений превышала допустимые значения. Для повышения точности измерений в программе измерений было установлено трёхкратное взятие отсчёта по рейке с вычислением среднего значения. Допуск, в программном обеспечении нивелира, на погрешность измерений устанавливается 0,3 мм. Под ножки штатива устанавливались резиновые подкладки. Взятие отсчётов по рейке выбиралось в отсутствии вблизи движения тяжёлых грузовиков. В необходимых случаях значительно уменьшалось расстояние от нивелира до реек (до 7-10 м) или выполнялось контрольное измерение превышений уровенным оптическим нивелиром.

Большая часть нивелирного хода расположена под проводами ЛЭП 220 Кв. Электромагнитное поле оказывает заметное влияние на электронную часть цифрового нивелира [1]. Исключить это влияние на отсчёт по рейке невозможно. При выполнении работ учитывалось, что при параллельном расположении линии визирования и проводов ЛЭП влияние электромагнитной рефракции на отсчёты по задней и передней рейкам, при минимальном различии расстояний от нивелира до реек, будет одинаковым. При повторном нивелировании нивелир должен устанавливаться в одно и тоже место. Контрольные измерения превышений под проводами ЛЭП уровенным и компенсационным оптическими нивелирами показали, что различия превышений, полученных этими нивелирами и превышений, измеренных DiNi03, не превышали установленных допусков.

Результаты предварительных вычислений и результаты уравнивания показали хорошее качество измерений в ходе. Невязка в ходе составила 1.0 мм при 106 станциях нивелирования. Средняя квадратическая погрешность отметки наиболее удаленной марки относительно фундаментальных реперов по результатам уравнивания составила 0,6 мм.

До 2010 года измерения выполнялись оптическими нивелирами. В 2010 году измерения выполнялись цифровым нивелиром DiNi03 прямо и обратно при двух горизонтах по следующей программе работ на станции:

- нечетная станция З<sub>1</sub>, П<sub>1</sub>, П<sub>2</sub>, З<sub>2</sub>;
- четная станция П<sub>1</sub>, З<sub>1</sub>, З<sub>2</sub>, П<sub>2</sub>.

Анализ данных нивелирования за 2010 и 2012 годы показал, что заметного повышения точности определения превышений и отметок реперов за счёт увеличения количества измеренных превышений на станции при одном горизонте инструмента по программе измерений 2012 года не отмечено.

В заключении следует отметить, что опыт применения цифрового нивелира DiNi03 показал, что в сложных условиях измерений этим нивелиром можно получать высокую точность измерений при более высокой производительности труда по сравнению с оптическими нивелирами.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочетов Ф.Г. Визирный луч нивелира в магнитном поле / Ф.Г. Кочетов, Г.Н. Сухов, Э.Ф. Кочетова // Геодезия и картография. 1999. – № 10. – С. 4–17.
2. Визиров Ю.В. Особенности метрологического обслуживания цифровых нивелиров / Ю.В. Визиров, С.В. Ковалев, А.И. Спиридов // Геодезия и картография. – 2002. – № 8. – С. 17–22.
3. Уставич Г.А. Технология выполнения высокоточного нивелирования цифровыми нивелирами // Геодезия и картография. – 2006. – № 2. – С. 3–6.
4. Исследование влияния вибрации на точность измерений цифровыми нивелирами / А. Бешр Ашраф, Н.М. Рябова, В.Г. Сальников, А.Н. Теплых, М.Е. Рахымбердина // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 1. – С. 28–33.
5. Соболева Е.Л., Рябова Н.М., Сальников В.Г. Исследование влияния рефракции на результаты нивелирования цифровыми нивелирами // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 32–36.
6. Соболева Е.Л., Сальников В.Г., Рябова Н.М. Исследование влияния рефракции на результаты нивелирования цифровыми нивелирами при отрицательной температуре // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 81–84.
7. Новосёлов Б.А., Новосёлов Д.Б. Геодезический контроль строительства и эксплуатации главного корпуса обогатительной фабрики «Распадская» с применением современных технологий // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 66–71.